

等值线图在县区水资源量拆分中的应用

孟令杰 黄存月

菏泽市水文局

DOI:10.32629/hwr.v4i9.3294

[摘要] 由等值线图等各种水文要素图组成的水文图集是系统反映区域水文要素的时空分布特征,可供人们全面了解区域水文的基本情况,并可内插所需地点的水文特征数据的工具,是编制水利、农业、城建、交通等事业规划的参考资料。本文根据第二次山东省水资源调查评价中的降水、地表径流、地下水资源模数等值线图成果,以菏泽市为例对各县区水资源量进行拆分,使人们系统了解水文图集的应用原理、方法,充分发挥水文图件的功能、作用。

[关键词] 等值线图; 水资源量; 拆分

中图分类号: F416.9 **文献标识码:** A

1 县区降水量拆分

总体目标是在省级行政区1956-2000年多年平均降水量等值线图上,量算出的菏泽市各县级行政区降水量。为获得菏泽市各县级行政区多年平均降水量,需在本市行政区域内根据全省多年平均降水量等值线图对等值线图进行加密处理。具体方法如下:

1.1 各县区行政边界及降水量等值线图的绘制

将菏泽市行政区划图和省级行政区1956-2000年多年平均降水量等值线图扫描成电子版,利用地理信息系统软件MapInfo绘制各县区行政边界及多年平均降水量等值线图。(见图1)

1.2 行政边界图与多年平均降水量等值线图叠加

利用MapInfo软件将行政边界图与多年平均降水量等值线图两图进行配准、叠加。(见图2)

1.3 多年平均降水量等值线图加密处理

根据山东省1956-2000年多年平均降水量等值线图,结合菏泽市各县区的多年平均降水量数据,利用MapInfo软件对菏泽市进行分布均匀点状加密,表1为加密点经纬度及降水量表。(见表1)

根据29个加密点的降水量进一步加

密绘制出620mm、640mm和660mm三条降水量等值线,图3为加密后的菏泽市多年降水量等值线图。(见图3)

1.4 各县级行政区不同降水量分布区面积的量算(见图4)

利用TopMap软件分别量取各县区在不同降水量分布区的面积(如图4),表2为菏泽市各县区不同降水量分布区量算面积结果。(见表2)

1.5 合理性分析(见表3)

量算出的各县级行政区面积与实际面积相对误差均不超过5.2%,量算出的菏泽市面积与实际面积相对误差为0.6%,量算出的各县级行政区的降水量与多年水资源量的相对误差均不超过5.8%,量算出的菏泽市各县级行政区降水量之和767645万 m^3 与第二次水资源评价降水量802931万 m^3 的相对误差为4.4%,量算结果合理。

1.6 结果

根据技术要求,对菏泽市所辖各县级行政区的量算值进行平差处理,获得县级行政区多年平均降水量(表4)。

2 县级行政区地表水资源量

要达到的目标是在省级行政区1956-2000年多年平均径流深等值线图上,量算出的菏泽市各县级行政区地表水资源量。为获得菏泽市各县级行政区地表水资源量,需对多年平均

径流深等值线图进行加密处理。具体方法如下:

2.1 多年平均径流深等值线图的绘制

将山东省1956-2000年多年平均径流深等值线图扫描成电子版,利用MapInfo绘制多年平均降水量等值线图。(见图5)

2.2 行政边界与多年平均径流深等值线图叠加

将各县区行政边界与多年平均径流深等值线图进行配准、叠加。

2.3 多年平均径流深等值线图加密处理

根据山东省1956-2000年多年平均径流深等值线图,结合菏泽市各县区的多年平均径流深数据,利用MapInfo软件对菏泽市进行分布均匀点状加密,表5为加密点经纬度及径流深表。(见表5)

根据35个加密点的径流深进一步加密绘制出40mm、45mm、55mm、60mm、65mm和70mm等六条径流深等值线。(见图6)

2.4 各县级行政区不同径流深分布区面积的量算

利用TopMap软件分别量取各县区在不同径流深分布区的面积。表6为菏泽市各县区不同降水量分布区量算面积结果。(见表6)



图1 菏泽市1956-2000年多年平均降水量等值线图

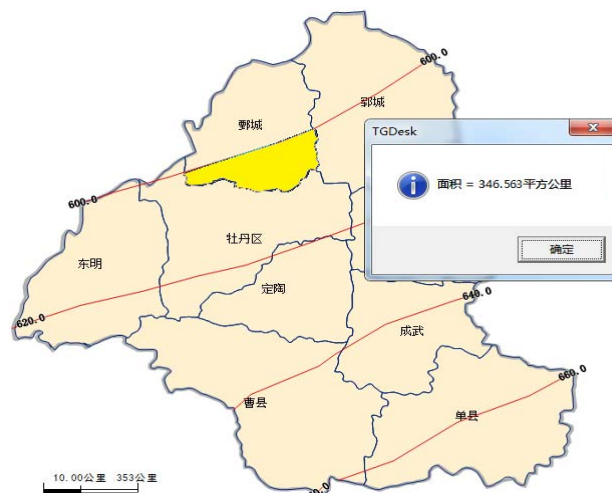


图4 鄄城县多年降水量600-620mm分布区内的面积量算

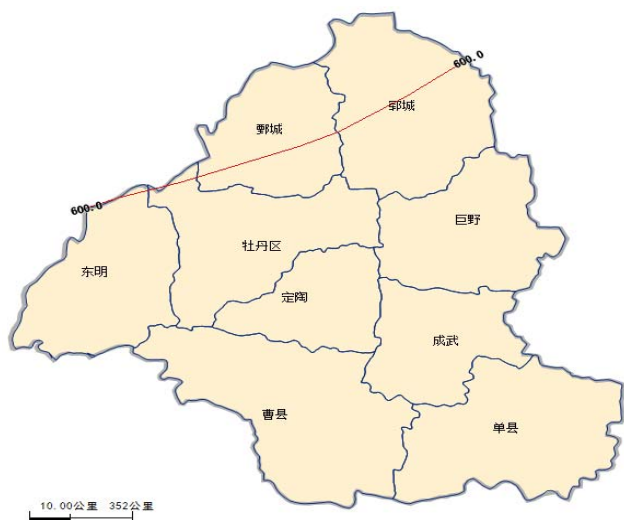


图2 行政边界图与多年平均降水量等值线图叠加图



图5 菏泽市1956-2000年多年平均降水量等值线图

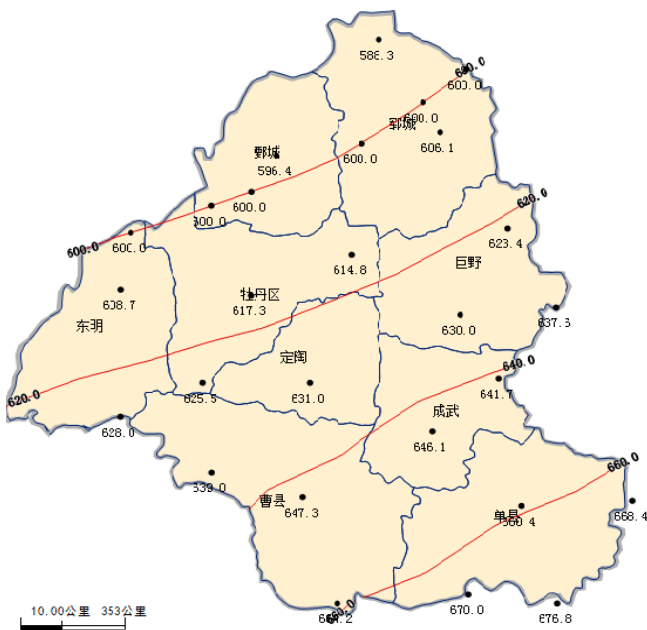


图3 加密后的菏泽市多年平均降水量等值线图

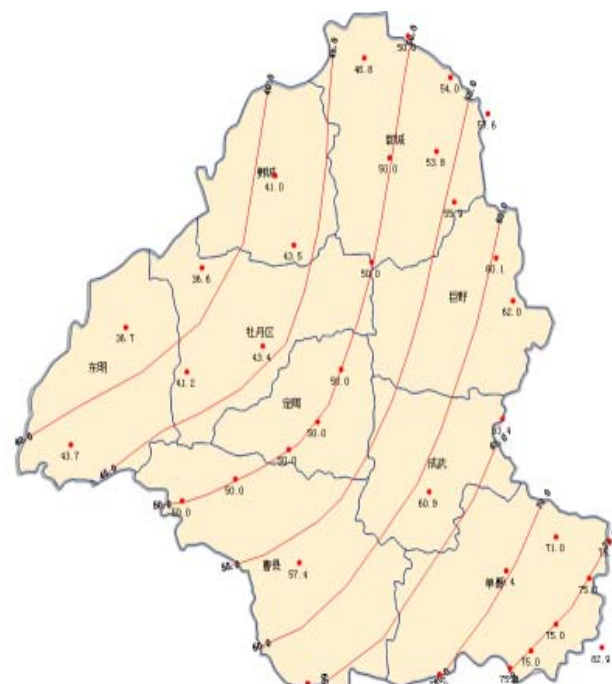


图6 加密后的菏泽市多年径流深等值线图



图7 水资源量模数分布图

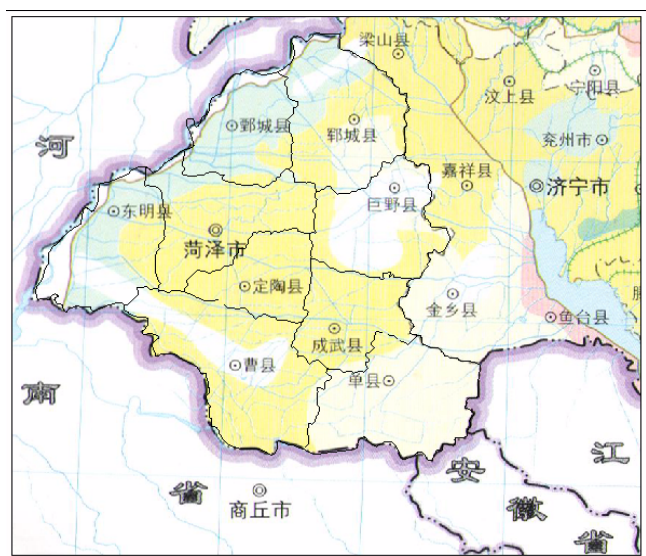


图8 菏泽市地下水资源量模数图

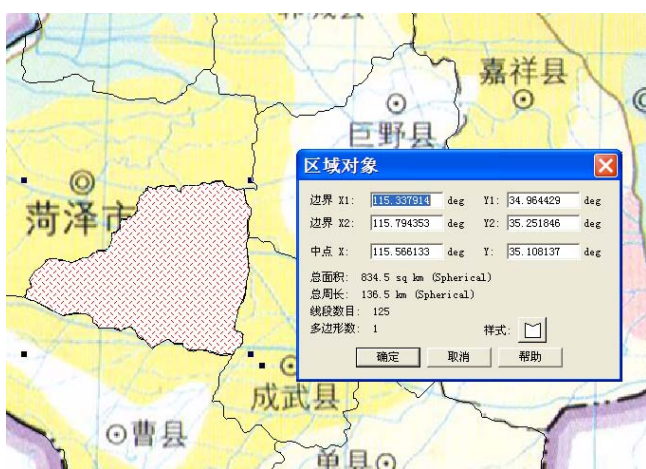


图9 菏泽市地下水资源量不同模数范围面积量算过程

表1 加密点经纬度及降水量表

点号	经度	纬度	降水量 (mm)	点号	经度	纬度	降水量 (mm)
1	116° 08' 02" E	34° 46' 14" N	660.4	16	115° 46' 26" E	35° 34' 30" N	600.0
2	115° 54' 47" E	34° 56' 28" N	646.1	17	115° 37' 19" E	35° 37' 19" N	600.0
3	115° 34' 06" E	34° 48' 44" N	647.3	18	116° 25' 26" E	34° 46' 08" N	668.4
4	115° 36' 01" E	35° 03' 31" N	631.0	19	116° 12' 50" E	34° 33' 22" N	676.8
5	115° 07' 03" E	35° 16' 39" N	608.7	20	115° 59' 10" E	34° 35' 06" N	670.0
6	115° 32' 26" E	35° 33' 09" N	596.4	21	115° 38' 42" E	34° 34' 44" N	664.2
7	115° 58' 23" E	35° 35' 11" N	606.1	22	115° 19' 59" E	34° 52' 26" N	639.0
8	115° 27' 25" E	35° 15' 11" N	617.3	23	115° 06' 11" E	35° 00' 11" N	628.0
9	116° 08' 13" E	35° 22' 16" N	623.4	24	115° 49' 26" E	35° 47' 35" N	588.3
10	115° 09' 00" E	35° 23' 60" N	600.0	25	115° 43' 30" E	35° 19' 52" N	614.8
11	115° 28' 12" E	35° 28' 37" N	600.0	26	116° 00' 04" E	35° 11' 24" N	630.0
12	115° 45' 58" E	35° 34' 12" N	600.0	27	116° 15' 07" E	35° 11' 42" N	637.6
13	115° 55' 55" E	35° 39' 11" N	600.0	28	115° 19' 16" E	35° 04' 08" N	625.5
14	116° 02' 60" E	35° 43' 08" N	600.0	29	116° 05' 31" E	35° 02' 53" N	641.7
15	115° 21' 47" E	35° 27' 04" N	600.0				

表2 菏泽市各县区不同降水量分布区的量算面积

分区	580-600mm m量算面积 (km ²)	600-620mm 量算面积 (km ²)	620-640mm m量算面积 (km ²)	640-660mm m量算面积 (km ²)	660-680mm m量算面积 (km ²)	总量算面积 (km ²)
菏泽市	—	—	—	—	—	12176
东明县	13.778	968.293	387.929	—	—	1299
单县	—	—	—	755.072	914.928	1661
定陶县	—	18.236	827.764	0.000	—	840
成武县	—	—	359.141	638.859	—	1004
巨野县	—	293.530	1014.470	—	—	1299
牡丹区	23.155	1153.640	238.205	—	—	1398
曹县	—	—	867.585	1085.842	20.573	1979
鄄城县	676.377	966.623	—	—	—	1639
郓城县	685.437	346.563	—	—	—	1057

表3 菏泽市降水量量算计算表

分区	计算面积 (km ²)	量算面积 (km ²)	面积量算误差	量算多年平均降水量 (mm)	量算多年平均降水量 (万 m ³)	多年平均降水量 (mm)	降水量量算误差
菏泽市	12256	12176	0.6%	625.2	767645	655.7*	4.5%
东明县	1370	1299	5.2%	615.5	84318	622.4	1.1%
单县	1670	1661	0.5%	660.4	110285	680.1	2.9%
定陶县	846	840	0.7%	629.6	53262	665.6	5.4%
成武县	998	1004	0.6%	642.8	64152	668.4	3.8%
巨野县	1308	1299	0.7%	625.5	81817	663.8	5.8%
牡丹区	1415	1398	1.2%	613.0	86744	639.7	4.2%
曹县	1974	1979	0.3%	641.4	126616	672.9	4.7%
鄄城县	1643	1639	0.2%	601.8	98870	631.6	4.7%
郓城县	1032	1057	2.4%	596.7	61581	596.6	0.0%

注: *菏泽市多年降水量 655.7mm 为菏泽市第二次水资源评价降水量。

表4 平差处理后菏泽市各县级行政区多年平均降水量

分区	菏泽市	东明县	单县	定陶县	成武县	巨野县	牡丹区	曹县	郓城县	鄄城县
多年平均降水量	655.7	645.5	692.6	660.3	674.2	656	643	672.7	631.1	625.8
	802931	88194	115354	55710	67101	85578	90731	132436	103415	64412

表7 量算面积与实际面积相对误差分析结果

	量算总面积 km ²	计算面积 km ²	面积量算误差	量算地表水资源量 (万 m ³)
菏泽市	12201	12256	0.5%	64668
东明县	1298	1370	5.2%	5201
单县	1660	1670	0.6%	11677
定陶县	876	846	3.6%	4360
成武县	992	998	0.6%	5986
巨野县	1299	1308	0.7%	7559
牡丹区	1398	1415	1.2%	6076
曹县	1981	1974	0.3%	11178
郓城县	1639	1643	0.2%	8270
鄄城县	1057	1032	2.4%	4361

表5 加密点经纬度及径流深表

点号	经度	纬度	径流深 (mm)	点号	经度	纬度	径流深 (mm)
1	115° 55' 23" E	35° 48' 18" N	50.0	19	115° 33' 58" E	34° 48' 29" N	57.4
2	115° 51' 29" E	35° 34' 26" N	50.0	20	115° 55' 41" E	34° 55' 48" N	60.9
3	115° 47' 49" E	35° 22' 34" N	50.0	21	116° 08' 13" E	35° 03' 40" N	63.4
4	115° 42' 04" E	35° 10' 26" N	50.0	22	116° 10' 48" E	35° 17' 10" N	62.0
5	115° 37' 52" E	35° 04' 34" N	50.0	23	116° 01' 52" E	35° 28' 55" N	55.9
6	115° 32' 56" E	35° 01' 34" N	50.0	24	116° 02' 06" E	35° 43' 16" N	54.0
7	115° 24' 00" E	34° 58' 30" N	50.0	25	116° 08' 02" E	35° 38' 49" N	57.6
8	115° 15' 07" E	34° 56' 17" N	50.0	26	115° 59' 17" E	35° 34' 52" N	53.8
9	116° 24' 47" E	34° 48' 54" N	75.0	27	116° 08' 20" E	35° 22' 12" N	60.1
10	116° 21' 14" E	34° 44' 46" N	75.0	28	115° 29' 20" E	35° 13' 37" N	43.4
11	116° 15' 29" E	34° 39' 43" N	75.0	29	115° 06' 54" E	35° 16' 34" N	36.7
12	116° 11' 13" E	34° 36' 50" N	75.0	30	114° 57' 11" E	35° 03' 22" N	43.7
13	116° 07' 41" E	34° 34' 59" N	75.0	31	115° 16' 41" E	35° 11' 06" N	41.2
14	116° 22' 48" E	34° 36' 43" N	82.9	32	115° 19' 48" E	35° 22' 59" N	36.6
15	116° 16' 08" E	34° 49' 44" N	71.0	33	115° 35' 06" E	35° 25' 01" N	43.5
16	116° 07' 44" E	34° 46' 12" N	69.4	34	115° 32' 28" E	35° 33' 07" N	41.0
17	115° 34' 34" E	34° 34' 34" N	65.6	35	115° 47' 60" E	35° 46' 05" N	46.8
18	115° 56' 06" E	34° 34' 44" N	70.2				

表8 菏泽市各县区多年平均地表水资源量

	菏泽市	东明县	单县	定陶县	成武县	巨野县	牡丹区	曹县	郓城县	鄄城县
地表水资源	62103	5250	1123	4027	5762	7282	5883	10658	7932	4073
	50.8	38.9	68.4	48.4	58.7	56.6	42.2	54.9	49.1	40.1

表9 菏泽市多年平均地下水资源量模数面积量算结果

分区	10-15 万 m ³ /km ² .s 量算面积	15-20 万 m ³ /km ² .s 量算面积	20-25 万 m ³ /km ² .s 量算面积	咸水区量算面积	非咸水区量算面积
菏泽市					10655.09
东明县		265.60	854.80	203.6	1120.40
单县	1575.00	84.07			1659.07
定陶县		837.20			837.20
成武县	35.10	953.90			989.00
巨野县	181.56	403.80		710.1	585.36
牡丹区		206.12	1211.54		1417.66
曹县	46.93	1465.51	9.931	500.8	1522.37
郓城县	419.00	654.70	415.516	119	1489.22
鄄城县		151.32	883.50		1034.82

表6 菏泽市各县区不同降水量分布区量算面积

	东明县	单县	定陶县	成武县	巨野县	牡丹区	曹县	郓城县	鄄城县
35-40 mm	685.04	—	—	—	—	242.687	—	—	337.977
40-45 mm	562.938	—	—	—	—	679.6	—	42.268	644.377
45-50 mm	50.403	—	495.847	—	—	442.518	265.837	751.972	74.665
50-55 mm	—	—	365.934	47.998	276.878	33.491	565.35	676.787	—
55-60 mm	—	—	14.594	393.277	564.977	—	554.469	167.877	—
60-65 mm	—	80.495	—	487.105	457.063	—	514.455	—	—
65-70 mm	—	760.964	—	63.454	—	—	80.493	—	—
70-75 mm	—	618.69	—	—	—	—	—	—	—
75-80 mm	—	200.244	—	—	—	—	—	—	—

表10 量算结果相对误差分析

分区	计算面积 (km ²)	总量算面积 (km ²)	面积量算误差 (%)	非咸水区量算面积 (km ²)	量算多年平均水资源量模数 (万 m ³ /km ² .s)	量算多年平均水资源量 (万 m ³)
菏泽市	12256	12189	0.6	10655.09		192053
东明县	1370	1324	3.4	1120.40	21.3	23881
单县	1670	1659	0.7	1659.07	12.8	21159
定陶县	846	837	1.0	837.20	17.5	14651
成武县	998	989	0.9	989.00	17.3	17132
巨野县	1308	1295	1.0	585.36	15.9	9336
牡丹区	1415	1418	0.2	1417.66	21.8	30867
曹县	1974	2023	2.5	1522.37	17.4	26456
郓城县	1643	1608	2.1	1489.22	17.5	26044
鄄城县	1032	1035	0.3	1034.82	21.8	22527

表11 菏泽市各县级行政区多年平均地下水资源量

分区	菏泽市	东明县	单县	定陶县	成武县	巨野县	牡丹区	曹县	郓城县	鄄城县
水资源量模数(万 m ³ /km ² ·s)	13.6	15.2	11.0	15.1	14.9	6.2	19.0	11.7	3.8	19.0
多年平均水资源量(万 m ³)	166971	20762	18395	12738	14895	8117	26836	23001	22643	19585

表12 地下水与地表水资源不重复量计算表

分区	降水量(万 m ³)	地表水与地下水不重复量(万 m ³)	地表水资源量(万 m ³)	水资源总量(万 m ³)
菏泽市	802931	143977	62103	206080
东明县	88194	15814	5250	21065
单县	115354	20685	11236	31921
定陶县	55710	9990	4027	14017
成武县	67101	12032	5762	17795
巨野县	85578	15345	7282	22627
牡丹区	90732	16270	5883	22152
曹县	132436	23748	10658	34406
郓城县	103415	18544	7932	26475
鄄城县	64412	11550	4073	15623

表13 菏泽市多年平均水资源量降水量平差法合理性分析

分区	地表水资源量(万 m ³)	地下水资源量(万 m ³)	地下水与地表水资源不重复量(万 m ³)	水资源总量(万 m ³)	地下水与地表水资源量合计(万 m ³)	与水资源总量之差(万 m ³)
菏泽市	62103	166971	143977	206080	229074	22994
东明县	5250	20762	15814	21065	26012	4948
单县	11236	18395	20685	31921	29631	-2289
定陶县	4027	12738	9990	14017	16765	2748
成武县	5762	14895	12032	17795	20657	2862
巨野县	7282	8117	15345	22627	15399	-7229
牡丹区	5883	26836	16270	22152	32718	10566
曹县	10658	23001	23748	34406	33659	-746
郓城县	7932	22643	18544	26475	30574	4099
鄄城县	4073	19585	11550	15623	23658	8035

表14 菏泽市多年平均水资源量非咸水区平差法合理性分析

分区	量算非咸水区面积(km ²)	地表水资源量(万 m ³)	地下水资源量(万 m ³)	地下水与地表水资源不重复量(万 m ³)	水资源总量(万 m ³)	地下水与地表水资源量合计(万 m ³)	与水资源总量之差(万 m ³)
菏泽市	10655	62103	166971	143977	206080	229074	22994
东明县	1120.40	5250	20762	15139	20389	26012	5623
单县	1659.07	11236	18395	22418	33654	29631	-4023
定陶县	837.20	4027	12738	11313	15340	16765	1425
成武县	989.00	5762	14895	13364	19126	20657	1531
巨野县	585.36	7282	8117	7910	15192	15399	207
牡丹区	1417.66	5883	26836	19156	25039	32718	7679
曹县	1522.37	10658	23001	20571	31229	33659	2430
郓城县	1489.22	7932	22643	20123	28055	30574	2520
鄄城县	1034.82	4073	19585	13983	18056	23658	5602

表15 菏泽市多年平均地下水与地表水不重复量计算表

分区	量算非咸水区面积(km ²)	重复量非咸水区平差(万 m ³)	地表水资源量(万 m ³)	地下水资源量(万 m ³)	水资源总量(万 m ³)	地表水与地下水不重复量(万 m ³)
菏泽市	10655	22994	62103	166971	206080	143977
东明县	1120.40	2418	5250	20762	23594	18344
单县	1659.07	3580	11236	18395	26051	14815
定陶县	837.20	1807	4027	12738	14958	10931
成武县	989.00	2134	5762	14895	18523	12760
巨野县	585.36	1263	7282	8117	14136	6854
牡丹区	1417.66	3059	5883	26836	29659	23776
曹县	1522.37	3285	10658	23001	30374	19716
郓城县	1489.22	3214	7932	22643	27360	19429
鄄城县	1034.82	2233	4073	19585	21425	17352

表16 菏泽市多年平均水资源量合理性分析

分区	量算非咸水区面积(km ²)	地表水资源量(万 m ³)	地下水资源量(万 m ³)	地下水与地表水资源不重复量(万 m ³)	水资源总量(万 m ³)	地下水与地表水资源量合计(万 m ³)	与水资源总量之差(万 m ³)
菏泽市	10655	62103	166971	143977	206080	229074	22994
东明县	1120.40	5250	20762	18344	23594	26012	2418
单县	1659.07	11236	18395	14815	26051	29631	3580
定陶县	837.20	4027	12738	10931	14958	16765	1807
成武县	989.00	5762	14895	12760	18523	20657	2134
巨野县	585.36	7282	8117	6854	14136	15399	1263
牡丹区	1417.66	5883	26836	23776	29659	32718	3059
曹县	1522.37	10658	23001	19716	30374	33659	3285
郓城县	1489.22	7932	22643	19429	27360	30574	3214
鄄城县	1034.82	4073	19585	17352	21425	23658	2233

2.5 合理性分析(见表7)

从表7可以看出,量算出的菏泽市各县级行政区面积与实际面积相对误差均不超过5.2%,量算出的菏泽市面积与实际面积相对误差为0.5%;量算出的菏泽市各县级行政区地表水资源量之和为64668万 m^3 与菏泽市第二次水资源评价地表水资源量62103万 m^3 的相对误差为4.1%,量算结果合理。

2.6 结果

根据技术要求,对菏泽市所辖各县级行政区的量算值进行平差处理,获得县级行政区多年平均地表水资源量,结果见表8。

3 县级行政区地下水资源量

目标是在山东省1980-2000年平原区多年平均地下水模数分布图上,量算出各县级行政区平原区地下水资源量(地下水模数与面积之乘积)。具体方法如下:

3.1 制作电子版的各县区行政边界图和水资源量模数分布图

将纸质版的各县区行政边界图和水资源量模数分布图扫描为电子版。(见图7)

3.2 将各县区行政边界图和水资源量模数分布图配准叠加

使用MapInfo软件,将各县区行政边界图和水资源量模数分布图配准叠加,即可得到东明县、单县、定陶县、成武县、巨野县、牡丹区、曹县、郓城县和鄄城县等9个县区的不同地下水资源模数范围图(如图8所示)。

3.3 进行面积量算。

使用MapInfo professional软件量算各县区内不同模数范围的面积。(见图9)

3.4 各县级行政区不同地下水资源量模数范围面积的量算

使用MapInfo professional软件分别量取各县级行政区不同地下水资源量模数范围面积(结果见表9)。

3.5 合理性分析(见表10)

量算出的菏泽市各县级行政区面积与实际面积相对误差均不超过3.4%,量算出的菏泽市面积与实际面积相对误差为0.6%,量算结果合理。

3.6 结果

根据技术要求,各县级行政区平原区地下水资源量之和与菏泽市第二次评价的平原区地下水资源量不相等,应对菏泽市所辖各县级行政区的量算值进行平差处理,获得县级行政区多年平均地下水资源量(表11)。

4 县级行政区水资源总量

4.1 县级行政区水资源总量

县级行政区水资源总量为地表水资源量与“地下水与地表水不重复量”之和。

菏泽市由于缺乏各县级行政区降水入渗补给系数,先根据各县级行政区的地下水与地表水不重复量采用平原区降水量占所属地市的比例计算。

表12为菏泽市各县区地下水与地表水资源不重复量及水资源总量的计算结果。菏泽市所辖9个县级行政区水资源总量之和为206080万 m^3 。(见表12)

4.2 合理性分析

按照全国水资源综合规划技术细则,一定区域内的水资源总量是指当地降水形成的地表和地下水产水量,即地表径流量与降水入渗补给量之和。地下水资源主要是由于大气降水的直接入渗和地表水渗透到地下形成的,地下水在地下运移的过程中,往往再排出地表成为地表水体的源泉,有时在一个地区发生多次的地表水和地下水的相互转化,故在进行区域水资源评价时,应有重复计算量。所以,地下水与地表水资源量之和一般要大于水资源总量,表13地下水与地表水资源量之和与水资源总量相比,有负值,计算结果不合理。(见表13)

分析降水量平差法不合理的原因,为该方法计算的是地下水与地表水不重复量,但多年平均地下水资源量一般为

矿化度 $< 2g/L$ 的非咸水,地下水与地表水之间的不重复量应在非咸水区,所以本方法未考虑咸水区面积的影响,仅适用于所辖县域内无咸水区或咸水区面积少的地级市。菏泽市9个县区中有4个县区咸水区面积占比较大,其中巨野县咸水区面积占比达54.8%。因此,仅利用该方法计算菏泽市各县级行政区的地下水与地表水不重复量并不合理。本次采用采用非咸水区面积占所属地市的比例平差计算地下水与地表水不重复量和水资源总量,结果见表14,但仍然存在负值,结果仍不合理,但出现负值的县区数量和数值大大减少,说明本方法存在相对的合理性。(见表14)

分析非咸水区平差法计算不重复量单县出现不合理的原因,应为单县地处全市东南部,降水量和多年平均地表径流深较大,而土壤亚粘土所占比例相对较大,富水性较差,地下水资源模数较小所致。所以,本次计算以全市地表水、地下水资源重复计算量进行非咸水区平差,反算地下水与地表水不重复量。(见表15)

经合理性分析,反算地下水与地表水不重复量法计算的多年平均水资源总量是合理的。(见表16)

【参考文献】

[1]程雨菲.地表水资源量评价方法研究[D].山东大学,2019.

[2]马骥.水资源量可再生性的量化方法研究[J].科技创新与应用,2020,(15):115-116.

[3]高明.水资源优化管理中水文预报技术应用探讨[J].地下水,2020,42(03):179-180.

作者简介:

黄存月(1980--),女,汉族,山东省费县人,大学本科,助理工程师,从事工作:水文监测。

孟令杰(1980--),男,汉族,山东省单县人,工程硕士,从事工作:水文监测。